



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 42 364 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 29 C 59/02**  
B 29 C 51/42  
B 29 C 33/02  
// H05B 3/14

⑳ Aktenzeichen: 199 42 364.4  
㉔ Anmeldetag: 6. 9. 1999  
㉕ Offenlegungstag: 15. 3. 2001

**DE 199 42 364 A 1**

㉑ Anmelder:  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 76133  
Karlsruhe, DE

㉒ Erfinder:  
Müller, Klaus-Dieter, Dr., 76199 Karlsruhe, DE

㉓ Entgegenhaltungen:  
JP 02-1 82 434 A  
JP 02-1 82 433 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Werkzeug zum Warmumformen beim Prägeformprozess

㉕ Ein Werkzeug zum Warmumformen beim Prägeprozeß mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat auf der anderen Seite. Unter dem Abformwerkzeug ist ein Formkörper aus elektrisch leitfähiger und direkt beheizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu diesem angebracht, der gegenüber der Umformmaschine durch eine Isolationsplatte isoliert ist. Unter dem zu strukturierenden Substrat kann ein weiterer Formkörper aus heizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu diesem angebracht sein, der gegenüber seiner Halterung in der Umformmaschine durch eine weitere Isolationsplatte thermisch und elektrisch isoliert ist. Weiterhin ist die Verwendung von elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik zum Beheizen von Abformwerkzeugen und Substraten oder zu verformenden Materialien in Werkzeugen zum Warmumformen beim Prägeprozeß mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat auf der anderen Seite angegeben.

**DE 199 42 364 A 1**



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Warmumformen beim Prägeformprozess mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat auf der anderen Seite. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung von elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik zum Beheizen von Abformwerkzeugen und Substraten oder zu verformenden Materialien in Werkzeugen zum Warmum-

formen beim Prägeprozess mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat auf der anderen Seite. Beim Warmumformprozess in Prägeformen ist es notwendig, den umzuformenden Stoff über seine Erweichungstemperatur zu erwärmen. Für den Strukturierungsprozess muß eine hohe Temperaturhomogenität im Formstoff vorliegen, die etwa im Bereich von 1 K liegen sollte. Weiterhin muß der Heiz- und Kühlvorgang so schnell wie möglich erfolgen, um die Gesamtzykluszeit so kurz wie möglich zu halten.

Bisher werden zum Heizen des Formstoffes bzw. der Prägeformen entweder Temperieröl oder eine elektrische Heizung eingesetzt. Eine weitere Möglichkeit der Beheizung besteht im Einsatz einer induktiven Heizung, wobei unter Nutzung eines Hochfrequenzgenerators und einer Induktionsspule geheizt wird. Die bekannten Heizmethoden ermöglichen jedoch keine so genaue flächenmäßige Anpassung an die Abformgeometrie. Aus diesem Grund benötigen die bekannten Heizmethoden längere Zeit, bis sich ein homogenes Temperaturfeld von wenigen K zum Beispiel über eine Fläche von einigen Quadratdezimetern eingestellt hat.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Heizung anzugeben, mittels der sich auch lange und dünne Strukturen von Formstoffen und Prägeformen so erhitzen lassen, daß in der Struktur eine sehr homogene Temperaturverteilung im Bereich von wenigen K erreicht werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe schlägt die vorliegende Erfindung die Merkmale vor, die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angeführt sind. Weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den kennzeichnenden Merkmalen der Unteransprüche zu sehen.

Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der Fig. 1 und 2 erläutert: Es zeigen,

die Fig. 1 ein mikrostrukturiertes Abformwerkzeug über einem mit Kunststoff beschichteten Substrat und

die Fig. 2 zwei Abformwerkzeuge zum beidseitigen Strukturieren einer Kunststoffschicht.

Die Fig. 1 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein als Beispiel ein mikrostrukturiertes Abformwerkzeug 1 über einem mit Kunststoff beschichteten Substrat 2 oder einer Kunststoffschicht, die unter Erhitzung strukturiert werden sollen. Anstelle eines beschichteten Substrates kann auch eine einheitliche Kunststoffschicht strukturiert werden. Zur besseren Übersichtlichkeit sind in der Figur die Einzelteile der Umformpresse nicht mehr dargestellt. Unter dem Abformwerkzeug 1 und unter dem Substrat 2 sind in jeweils engem wärmeleitenden Kontakt jeweils Formkörper 3 und 4 aus heizbarer Keramik angebracht, die in ihrer Außenkontur etwa der Außenkontur des Abformwerkzeuges 1 und des Substrates 2 entsprechen. Die heizbare Keramik kann anstatt des Formkörpers 4 dabei auch direkt als Substratmaterial eingesetzt werden. Die Formkörper 3 und 4 oder das heizbare Substrat sind jeweils mit einem elektrischen Anschluß 5 und 6 zu ihrer Beheizung versehen und gegenüber der Umformmaschine durch Isolationsplatten 7 und 8 thermisch und elektrisch isoliert. In diese Isolationsplatten 7 und 8 können zusätzliche Kühlkanäle 11 und 12 eingebracht sein.

Durch die Adaptierbarkeit der Außenkonturen wird die aufzuheizende Materialmenge so gering wie möglich gehalten und damit auch der Abkühlprozeß beschleunigt. Es ist nunmehr sehr einfach möglich, für den Formeinsatz 1 und das Substrat 2 auf welchem sich der Kunststoff befindet, ein unterschiedliches Temperaturprogramm zu fahren.

Die Befestigung der Formkörper 3 und 4 und/oder des Abformwerkzeuges 1 wird durch temperaturbeständige Klebe- oder mechanische Verbindungen bewerkstelligt. Sie können aber auch durch Unterdruck an den Isolationsplatten 7 und 8 gehalten werden. Dazu sind in die Oberfläche der Isolationsplatten nicht dargestellte Unterdruckanschlüsse eingebracht und die Formkörper 3 und 4 mit Bohrungen ausgestattet. Nach dem Anlegen eines Unterdruckes werden dann die Formkörper 3 und/oder 4 und/oder das Abformwerkzeug 1 an die Oberflächen der Isolationsplatten 7 und 8 gezogen.

Die Formkörper 3 und 4 aus beheizbarer Keramik können verschiedenartigen Aufbau aufweisen. Einige Keramiken bestehen aus einer Matrixkeramik beispielsweise aus Aluminiumoxid, der eine elektrisch leitende, nichtoxidische Keramik zugesetzt ist. Andere bestehen aus mehrphasigen Keramiken mit elektrisch leitenden Anteilen. Eine spezielle Form einer solchen elektrisch leitfähigen und beheizbaren Keramik weist zwei äußere Bereiche und mindestens einen inneren Bereich aus einer Keramik auf, wobei die äußeren Bereiche mit einem elektrischen Leiter kontaktierbar und der innere Bereich aufheizbar ist. Dabei weist die Keramik der äußeren Bereiche eine höhere elektrische Leitfähigkeit auf als die Keramik des inneren Bereichs. Die Keramik ist eine Mehrphasenkeramik, die aus mindestens einer Keramikphase mit niedriger und mindestens einer Keramikphase mit höherer elektrischer Leitfähigkeit besteht, wobei der Anteil der Phase mit der höheren elektrischen Leitfähigkeit in den zwei äußeren Bereichen höher ist als in dem inneren Bereich. Eine sehr feine Einstellbarkeit des Temperaturgradienten zwischen dem inneren Heizbereich und den äußeren Kontaktierungsbereichen und eine wesentlich höhere mechanische Beständigkeit wird mit Mehrphasenkeramiken erzielt. Bevorzugte Mehrphasenkeramiken bestehen aus einer nicht oder schlecht leitenden Matrixkeramik wie z. B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$  oder  $\text{TiO}_2$ , in die als weitere Phase mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungen wie z. B.  $\text{ZrC}$ ,  $\text{ZrN}$ ,  $\text{ZrB}_2$ ,  $\text{ZrSi}_2$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{TaC}$ ,  $\text{Ta}_2\text{N}$ ,  $\text{TaB}_2$ ,  $\text{TaSi}_2$ ,  $\text{MoB}_2$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{HfB}_2$ ,  $\text{HfC}$ ,  $\text{HfN}$ ,  $\text{ThB}_6$ ,  $\text{ThC}$ ,  $\text{NbB}_2$ ,  $\text{NbC}$ ,  $\text{NbN}$ ,  $\text{LaB}_6$ ,  $\text{VC}$ ,  $\text{VN}$ ,  $\text{W}_2\text{C}$  eingebettet ist. Formkörper 3 und 4 aus solchen Materialien erreichen ohne weiteres Temperaturen, die zum Umformen von thermoplastischen Substraten notwendig sind.

Zwischen den Formkörpern 3 und 4 und den nicht mehr dargestellten weiteren Teilen der Umformpresse sind elektrische und thermische Isolationsplatten 7 und 8 eingesetzt, die zusätzlich je nach Prozeßführung mit einer Kühleinrichtung 11 und 12 versehen werden können. Diese Isolationsplatten 7 und 8 können auf ihren, den Formkörpern 3 und 4 zugewendeten Seiten zusätzlich mit reflektierenden Beschichtungen 9 und 10 versehen sein.

In der Fig. 2 sind schematisch zwei Abformwerkzeuge 1 zum beidseitigen Strukturieren einer Kunststoffschicht 13 dargestellt. Die weiteren Bezugsziffern entsprechen den in der Fig. 1 angegebenen, das heisst, die Ausbildung der Werkzeuge ist dieselbe wie in der Figur gezeigt.

Die heizbaren Keramik Formkörper 3 und 4 können der Geometrie des Prägewerkzeuges so genau angepasst werden, daß so wenig Material wie möglich aufgeheizt werden muß. Durch die hohe mechanische Stabilität von Keramik können die Prägewerkzeuge bzw. die anliegenden Teile der Umformmaschine direkt an der Keramik anliegen. Damit

wird ein optimaler Temperaturkontakt zwischen dem Heizelement und dem aufzuheizenden Material geschaffen. Die Keramik kann dabei in ihrer Zusammensetzung so variiert werden, daß eine für den Abformprozeß günstige Temperaturverteilung im Prägestempel erreicht wird. Durch die lokale Erwärmung des Prägewerkzeuges sowie auch des Abformsubstrates sind die weiteren Komponenten der Prozeßkammer, wie z. B. Vakuumdichtringe keinen so hohen thermischen Belastungen mehr ausgesetzt. Die Temperaturkennlinie der Keramik in Abhängigkeit der Spannung und des Stromes kann aufgenommen werden. Dadurch erübrigt sich der Einsatz von Thermofühlern. Durch den Einsatz von auf den Prägestempel maßgeschneiderten Formkörpern 3 und 4 aus Keramik wird im Gegensatz zu Öl- oder elektrischen Heizsystemen mit Heizpatronen schneller eine homogenere Temperaturverteilung auf dem Prägestempel und dem Substrat erreicht. Aufgrund der geringeren aufzuheizenden Masse im Gegensatz zum Einsatz von Heizpatronen ist der Aufheiz- und Abkühlprozeß des Abformwerkzeuges und des Substrates wesentlich schneller als bei den konventionellen Heizsystemen.

#### Bezugszeichenliste

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 Abformwerkzeug               | 25 |
| 2 Substrat                     |    |
| 3 Formkörper Heizkeramik       |    |
| 4 Formkörper Heizkeramik       |    |
| 5 Elektroanschluss             |    |
| 6 Elektroanschluss             | 30 |
| 7 Isolationsplatte             |    |
| 8 Isolationsplatte             |    |
| 9 reflektierende Beschichtung  |    |
| 10 reflektierende Beschichtung |    |
| 11 Kühlkanal                   | 35 |
| 12 Kühlkanal                   |    |
| 13 Kunststoffschicht           |    |

#### Patentansprüche

1. Werkzeug zum Warmumformen beim Prägeprozeß mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat oder einer Kunststoffschicht auf der anderen Seite, **dadurch gekennzeichnet**, daß direkt unter dem Abformwerkzeug (1) ein Formkörper (3) aus elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu diesem angebracht ist, der gegenüber der Umformmaschine durch eine Isolationsplatte (7) thermisch und elektrisch isoliert ist.
2. Werkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß direkt unter dem zu strukturierenden Substrat oder der Kunststoffschicht (2) ein weiterer Formkörper (4) aus heizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu diesem angebracht ist, der gegenüber seiner Halterung in der Umformmaschine durch eine weitere Isolationsplatte (8) thermisch und elektrisch isoliert ist.
3. Werkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Abformwerkzeuge (1) zum beidseitigen Strukturieren einer Kunststoffschicht (13) vorgesehen sind, unter denen direkt Formkörper (3) aus elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu ihnen angebracht sind, die gegenüber der Umformmaschine durch Isolationsplatten (7) thermisch und elektrisch isoliert sind.
4. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsplatten (7 und 8) auf ihren, den Formkörpern (3 und 4) zugewendeten

Seiten zusätzlich mit reflektierenden Beschichtungen (9 und 10) versehen sind.

5. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Konturen der Formkörper (3, 4) denen des Abformwerkzeuges (1) und/oder des Substrates (2) entsprechen.

6. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle des Formkörpers (4) das Substrat direkt aus heizbarer Keramik besteht.

7. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in die Isolationsplatten (7, 8) zusätzliche Kühlkanäle (11, 12) eingebracht sind.

8. Verwendung von elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik zum Beheizen von Abformwerkzeugen und Substraten oder zu verformenden Materialien in Werkzeugen zum Warmumformen beim Prägeprozeß mit einem strukturierten Abformwerkzeug auf der einen und einem umzuformenden thermoplastischen Substrat auf der anderen Seite.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

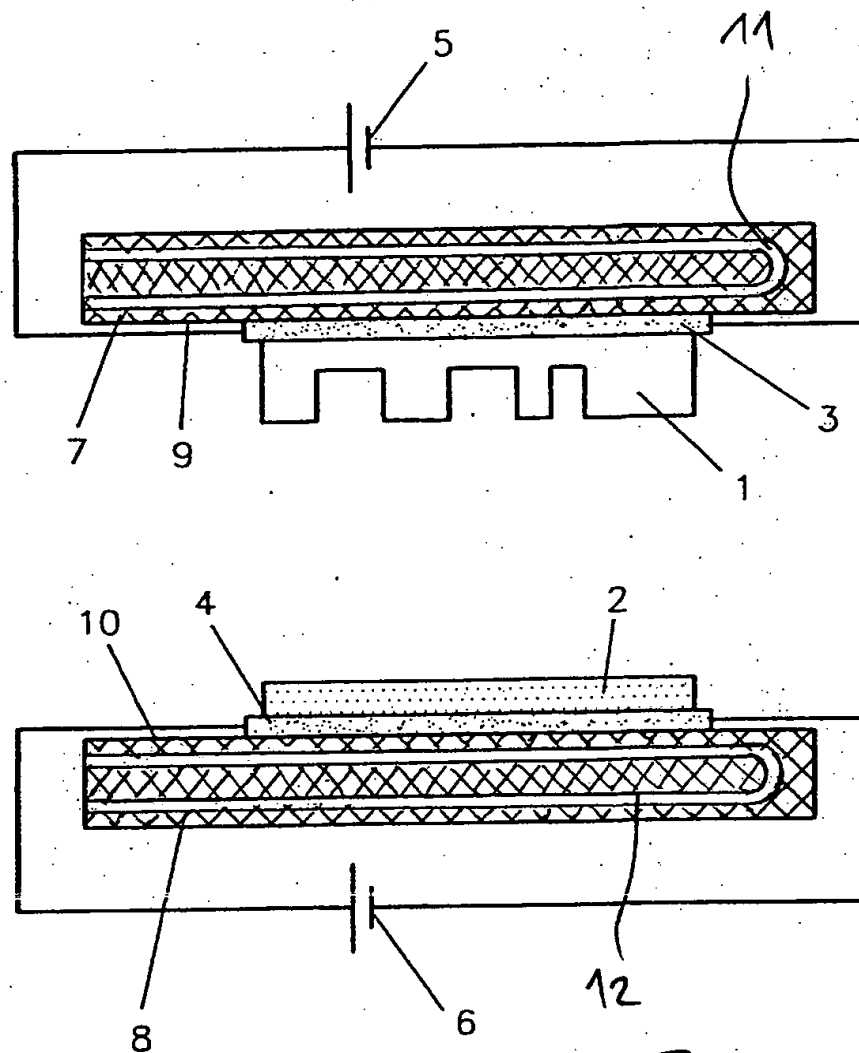


Fig. 1

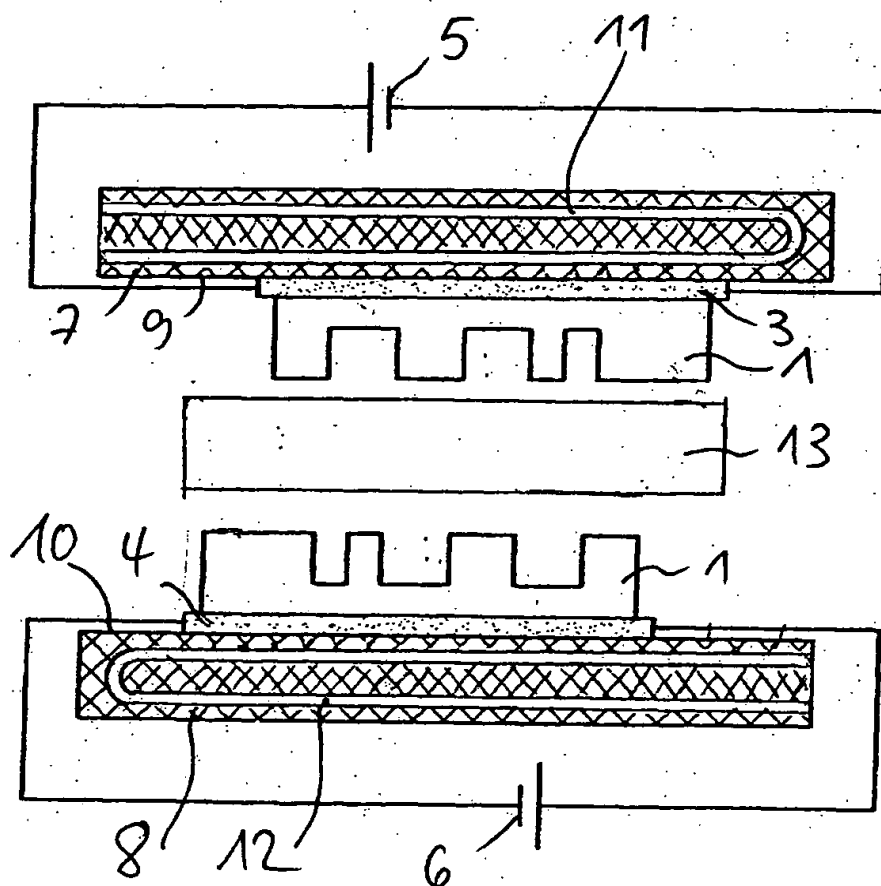


Fig. 2